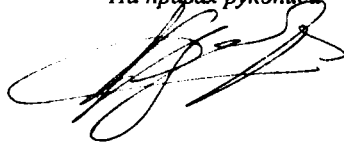


0-497371

На правах рукописи



КУДИНОВ Дмитрий Вячеславович

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КАЧЕСТВА**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы
экономики

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Ростов-на-Дону - 2012

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)».

Научный руководитель: Тищенко Евгений Николаевич
доктор экономических наук, доцент

Официальные оппоненты: Долженко Алексей Иванович
доктор экономических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «РГЭУ (РИНХ)», проф. каф.
экономической информатики и автоматизации
управления

Морозов Константин Сергеевич
кандидат экономических наук
ООО «Проф Ай Ти», коммерческий директор
Ведущая организация: Северо-Осетинский государственный
университет имени К. Л. Хетагурова

Защита состоится «23» мая 2012 года в 11:30 на заседании диссертационного совета ДМ 212.209.03 в ФГБОУ ВПО «РГЭУ (РИНХ)» по адресу: 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая 69, ауд. 302.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте ВАК Минобрнауки России: <http://vak2.ed.gov.ru>, а также на сайте ФГБОУ ВПО «РГЭУ (РИНХ)» www.rsue.ru.

Автореферат разослан «20» апреля 2012 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000741331

Ученый секретарь
диссертационного совета, д.э.н.

И.Ю. Шполянская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертационного исследования. Строительный комплекс Российской Федерации занимает одну из ключевых позиций в экономике страны. Согласно данным Росстата в 2010 году среднегодовая численность занятых в строительстве составила 5266,5 тыс. чел. или 7,8% процентов общего числа занятых в экономике. Объем строительных работ при этом составил 3998,3 млрд. руб. На 1 января 2010 года в России в сфере строительства работало более 175 тысяч организаций ¹.

В деятельности современных строительных организаций информационные технологии играют значительную роль, способствуя повышению производительности труда и улучшению качества принимаемых решений. Разработано большое число программных систем, используемых на различных стадиях строительного процесса, в организациях, представляющие разные звенья договорных отношений, специалистами различного профиля.

Сметное программное обеспечение многократно повышает производительность труда инженера-сметчика, позволяет обмениваться информацией, проводить экспертизу сметной документации, отражать результаты выполнения строительно-монтажных работ, формировать отчетные документы с минимальными затратами времени, контролировать исполнение строительных смет. Программное обеспечение для календарного планирования широко используется при управлении строительными проектами и позволяет внести значительные изменения в организацию процесса строительства. Специализированное программное обеспечение позволяет осуществлять учет, анализ, отчетность в условиях строительной отрасли. Специалисты-проектировщики широко применяют системы, как общего назначения, так и узкоспециализированные для проектирования строительных объектов. Эти и другие компоненты, объединенные между собой, составляют основу информационной системы (ИС) строительной организации.

Сложность задачи создания информационных систем в строительстве определяется многообразием компонентов строительных программных систем (сегодня на рынке представлено множество вариантов программного обеспечения для тех или иных задач, например, для сметных расчетов или

¹ Строительство в России. 2010: Стат. сб. - М.: Росстат., 2010. – 220 с.

управления строительными проектами), необходимостью их интеграции, требованием учета специфических особенностей строительной отрасли.

Таким образом, проблема анализа потребительского качества информационных систем строительных организаций является актуальной.

Степень изученности исследуемой проблемы. Проблемам автоматизации проектного и сметного дела, а также вопросам автоматизации управленческих процессов в строительстве посвящены научные труды ряда исследователей: С.А. Баркалова, В.М. Васильева, Д.Б. Виноградова, П.В. Горячкина, А.А. Гусакова, А.М. Ивянского, А.В. Остроуха, Ю.П. Панибратова, Г.Ф. Пеньковского, В.И. Теличенко и других.

Проблемам моделирования информационных систем и анализа их потребительского качества посвящены труды К.Р. Адамадзе, Б. Бозма, Г. Буча, А. Джекобсона, В.В. Дика, А.И. Долженко, А.А. Емельянова, Е.Н. Ефимова, В.В. Липаева, Дж. Рамбо, Ю.Ф. Тельнова, Е.Н. Тищенко, М. Фаулера, Г.Н. Хубаева, И.Ю. Шполянской и других.

В то же время, пока не разработано единого комплекса моделей и методов для оценки потребительского качества информационных систем строительных организаций, учитывающего специфику строительной отрасли. Проблема приложения математических и инструментальных методов к оценке потребительского качества информационных систем строительных организаций нуждается в дальнейшей разработке. Эти обстоятельства обусловили выбор темы диссертационного исследования, предопределили его цель, задачи и структуру.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются предприятия всех форм собственности, относящиеся к строительному комплексу. Предметом исследования выступает автоматизация проектно-сметных, управленческих и учетных процессов в строительных организациях.

Цель диссертационного исследования. Основной целью диссертационного исследования является разработка комплекса моделей оценки потребительского качества для построения информационных систем строительных организаций.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**:

- классификация компонентов ИС строительных организаций;
- построение и исследование перечня характеристик потребительского качества компонентов ИС строительных организаций;

- содержательный анализ сметного программного обеспечения и выделение функций сметных программных систем;
- сравнительный формализованный анализ сметного программного обеспечения по критерию функциональной полноты;
- разработка универсальной методики анализа и выбора компонентов ИС строительной организации;
- визуальное моделирование структуры и динамики ИС строительных организаций;
- разработка имитационной модели бизнес-процессов ИС строительной организации.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблемам экономики строительства, вопросам разработки и применения программного обеспечения в строительстве, автоматизации управленческой деятельности, методам экономико-математического моделирования, математической статистики, объектно-ориентированного анализа предметной области, законодательные и нормативные акты Правительства РФ, Госстроя РФ, материалы научных конференций и публикаций в периодической печати.

Эмпирической базой исследования являлись экспериментальные и статистические данные, собранные автором в процессе эксплуатации ИС ряда строительных организаций, а также данные отчетности этих организаций по выполняемым сметным расчетам и строительно-монтажным работам.

Инструментарий исследования составили методы системного анализа, математической статистики, методика формализованного анализа сложных систем, метод анализа иерархий, экспертные методы, имитационное моделирование, унифицированный язык моделирования UML, современное программное обеспечение общего и специального назначения: MS Excel, Statistica, MathCAD, Rational Rose.

Работа выполнена в рамках паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы в экономике» п. 2.6 «Развитие теоретических основ, методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии».

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификация компонентов ИС строительных организаций, включающая классификационные признаки, отражающие специфику строительной отрасли.

2. Метод сравнительной оценки по критерию функциональной полноты сметного программного обеспечения на базе сформированного перечня функциональных операций.

3. Методика выбора компонентов ИС строительных организаций, отличающаяся совместным использованием экспертных методов и методов анализа сложных систем по критерию функциональной полноты.

4. Комплекс визуальных UML-моделей ИС строительных организаций, позволяющий отразить логическую структуру предметной области.

5. Имитационная модель бизнес-процессов ИС строительной организации, отличающаяся учетом затрат основных ресурсов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке целостного инструментального обеспечения для моделирования и оценки потребительского качества ИС строительных организаций. Элементами научной новизны обладают следующие результаты:

1. Разработана классификация компонентов ИС строительных организаций, отличающаяся использованием классификационных признаков отражающих специфику строительной отрасли. В предложенный набор классификационных признаков входят: договорные отношения между строительными организациями, стадия строительного процесса, функциональное назначение, уровень специализации и др. Классификация позволяет систематизировать компоненты ИС строительных организаций при их моделировании, проектировании, интеграции, оценке потребительского качества, принимать обоснованные решения при выборе базовых элементов ИС строительной организации.

2. Адаптирован метод сравнительной оценки по критерию функциональной полноты одного из важнейших компонентов ИС строительных организаций – сметного программного обеспечения на базе сформированного перечня функциональных операций. Приведенный метод позволил систематизировать сведения о функциональной полноте наиболее распространенных систем, представленных на российском рынке, выделить группы подобных систем, ранжировать сметные программные системы, получить инструмент выбора системы, в наибольшей степени отражающий требования заказчика к функциональной полноте.

3. Предложена методика выбора компонентов ИС строительных организаций, отличающаяся совместным использованием экспертных методов и метода анализа сложных систем по критерию функциональной полноты. Методика обеспечивает получение подмножества вариантов выбора для всех необходимых компонентов ИС строительной организации, экспертное сравнение вариантов для каждого класса компонентов, формирование совокупности возможных вариантов ИС строительной организации и их ранжирование. Методика позволяет обеспечить поддержку принятия решений при создании ИС строительной организации.

4. Построен комплекс визуальных UML-моделей ИС строительных организаций. Модели позволяют отразить логическую структуру предметной области, состав основных подсистем, развертывание компонентов ИС, варианты использования системы, процессы работы пользователей с ИС строительной организации. Набор диаграмм языка UML может служить основой для моделирования трудозатрат на исполнение бизнес-процессов в ИС строительной организации.

5. Разработана имитационная модель бизнес-процессов ИС строительной организации, отличающаяся учетом затрат основных ресурсов. Результаты статистического (имитационного) моделирования, позволяют: оценить вероятность выполнения конкретной операции за любое выбранное или заданное время; выявить наиболее трудоемкие группы функциональных операций; количественно оценить необходимый объем трудовых ресурсов на работу с ИС строительной организации.

Практическая значимость исследования состоит в том, что его основные положения, выводы, рекомендации, методики и алгоритмы могут быть использованы строительными предприятиями любых форм собственности для принятия решений по выбору или разработке информационных систем. Отдельные результаты диссертации могут использоваться фирмами-разработчиками программного обеспечения для строительных организаций.

Практическая апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях и семинарах:

X Международная научно практическая конференция «Экономико-организационные проблемы проектирования и применения информационных систем»; IV Всероссийскую научно-практическую Интернет-конференцию профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, аспирантов и студентов «Проблемы информационной безопасности»; Научно-

практическая конференция «Экономические информационные системы и их безопасность : разработка, применение, сопровождение».

Отдельные результаты научного исследования реализовались в рамках НИР на тему: «Информационные системы строительных организаций: моделирование и оценка потребительского качества» по договору с РГЭУ «РИНХ» № 1277/11 от 04.05.2011г. Документы, подтверждающие внедрение, прилагаются к диссертации.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, общим объемом 2,35 печатных листа.

Логическая структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 26 таблиц, 28 рисунков. Библиографический список включает 133 наименования.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность рассматриваемой проблемы, формулируются цель и задачи диссертационного исследования, определяются его объект и предмет, рассматриваются теоретические и методологические основы исследования, перечисляются положения, выносимые на защиту, выделяются научная новизна и практическая значимость работы, приводится оценка внедрения и апробации исследования, описывается логическая структура диссертационной работы.

В главе 1 «Общие вопросы анализа потребительского качества информационных систем строительных организаций» выполнен анализ структуры и особенностей ИС строительных организаций, предложена классификация компонентов ИС строительных организаций, систематизированы характеристики потребительского качества ИС строительных организаций.

С учетом числа строительных организаций, численности их работников и роли строительного комплекса в экономике России задачи управления строительными организациями являются одними из наиболее актуальных, а информационные системы строительных организаций – одними из самых востребованных. В диссертации рассмотрены особенности информационных систем строительных организаций, их ключевые компоненты, основные тенденции их развития.

На рисунке 1 приведена модель структуры информационной системы строительной организации.

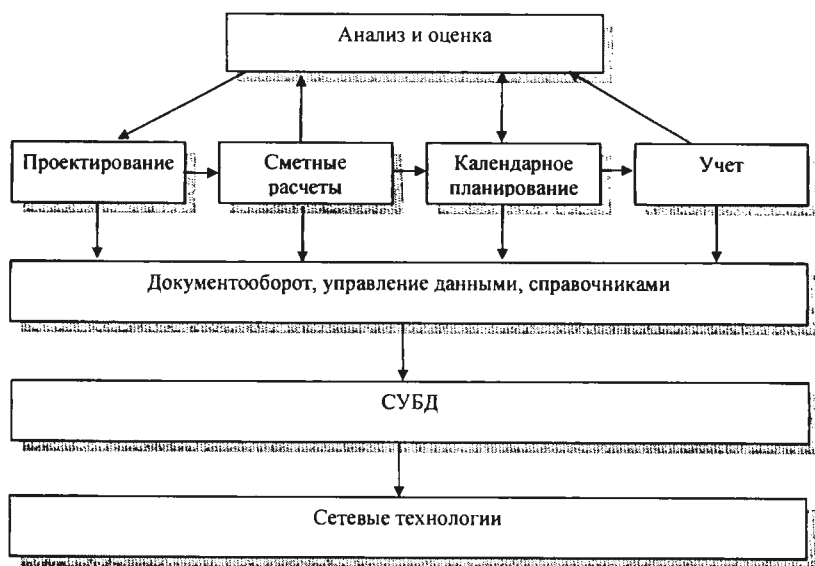


Рисунок 1– Укрупненная структура ИС строительных организаций

Анализ научных и технических публикаций и практики использования информационных систем в деятельности строительных организаций позволяет выделить следующие особенности автоматизации строительных организаций:

- ориентация на проект. В силу специфики строительства проект оказывается ключевым элементом системы. Методы, технологии и программные средства управления проектами играют значительную роль в информационной системе строительной организации. При этом разные подсистемы рассматривают проект с разных точек зрения и с разной степенью детализации.

- высокий уровень риска для организации. Во многих случаях строительная организация берет на себя ответственность за ту или иную сторону строительства крупного объекта. Для многих таких организаций успешное выполнение работ по одному проекту определяют успешность функционирования компании в целом.

– взаимное переплетение технической и экономической информации. Например, смета является неотъемлемой частью проектно-сметной строительной документации и сама зависит от параметров проекта.

– ориентация на холдинги. Во многих случаях строительные организации существуют в рамках крупных строительных холдингов. Такой холдинг может включать несколько организаций, осуществляющих проведение строительно-монтажных работ, а также несколько организаций выполняющих узкоспециализированные задачи, например, перевозка строительных грузов, материально-техническое снабжение, проектирование. Таким образом, информационные системы различных организаций должны интенсивно взаимодействовать между собой.

– интеграция разнородных систем. Информационные системы строительных организаций включают множество различных систем: САПР, системы управления проектами, системы сметных расчетов, системы финансового анализа, учетные системы. Все эти компоненты должны взаимодействовать между собой.

– высокий уровень ответственности. Результаты функционирования строительных информационных систем воплощаются в конечном итоге в виде выполняемых работ и возводимых зданий. Соответственно гораздо выше по сравнению с другими отраслями и требования к безопасности: к безопасности для жизни и здоровья людей, безопасности для материальных объектов, безопасности с точки зрения охраны окружающей среды. Информационная система должна способствовать соблюдению государственных строительных норм и правил.

– значительный объем государственного регулирования. Во-первых, в строительной области от предприятий требуется исполнение многочисленных норм и правил, государственных нормативов и расценок, которые информационная система должна, таким образом, поддерживать. Во-вторых, утверждение государственными органами значительной доли проектных решений. В-третьих, представители государственных органов имеют право и обязанность контролировать соблюдение норм и правил непосредственно во время выполнения строительства и по его окончании. Это также предъявляет дополнительные требования к информационной системе, которая должна поддерживать государственные утвержденные формы документов, выдавать необходимые отчеты и оперативную информацию.

– особый характер взаимоотношений между участниками строительного процесса. Специфика строительного комплекса заключается и в том, что участники строительного процесса (инвестор, заказчик,

проектировщик, генеральный подрядчик, субподрядчики) интенсивно взаимодействуют между собой на всем протяжении строительства. При этом возникает значительный объем информационного обмена. Информационные системы систем различных субъектов строительного процесса, таким образом, должны быть связаны между собой и поддерживать возможность обмена электронными документами.

Перечисленные особенности дают представление о специфике информационных строительных организаций, объясняют существующее большое число программных систем для строительства, и говорят об актуальности исследования потребительского качества информационных систем в строительной отрасли.

Сегодня развитие информационных систем строительных организаций характеризуется следующими основными тенденциями:

- широкое использование сетевых технологий для обмена данных между подсистемами, а также информационными системами различных организаций.

- приближение информационных систем непосредственно к местам исполнения работ. С использованием мобильных и интернет-технологий специалист может, находясь на объекте строительства, найти необходимое решение с помощью информационной системы, а прораб может дать отчет о ходе выполнения работ.

- интеграция информационных систем организаций на основе отраслевых стандартов.

- совершенствование методов управления на основе использования ИС. Прежде всего, организации перестраиваются на проектное управление, которое наиболее полно соответствует специфике строительного производства.

- смещение от учетных задач к поддержке принятия решений. Возможности большинства используемых сегодня информационных систем относятся к учету выполняемых работ и составлению отчетности для государственных органов, а также к исполнению бухгалтерских задач, таких как определение стоимости строительства и начисление заработной платы. В то же время, в строительстве намечается тенденция использования информационных систем в первую очередь для поддержки принятия решений руководителями компании и техническими специалистами.

Таким образом, задачи выбора или проектирования и разработки компонентов информационной системы строительной организации, во-

первых, обладают значительной актуальностью, во-вторых, характеризуются сложностью.

Эти задачи и не могут быть эффективно решены без рассмотрения всего многообразия компонентов информационных систем строительных организаций, без исследования вопросов оценки их потребительского качества, без привлечения экономико-математических методов и инструментальных средств для поддержки принятия решений при выборе, проектировании, разработке и внедрении информационных систем строительных организаций.

Программное и информационное обеспечение информационных систем строительных организаций характеризуется значительным многообразием, что объясняется, во-первых, различиями самих строительных организаций, которые отличаются масштабом, направлением деятельности, во-вторых, широким кругом задач решаемых с помощью информационных систем в строительном бизнесе. На рисунке 2 представлена выделенная совокупность наиболее значимых признаков классификации компонентов ИС строительных организаций. На рисунке также представлены возможные варианты систем для каждого из классификационных признаков. Такая классификация позволяет систематизировать знания о видах информационных систем в строительстве и быть полезна при их выборе, проектировании, разработке, внедрении.

Например, признак «Звено договорных отношений в строительстве» характеризует, для какой организации, из принимающих участие в строительном процессе, предназначена система. В зависимости от роли организации и функции системы будут различны. В таблице 1 представлены возможные варианты и примеры классификационного признака.



Рисунок 2 – Признаки классификации программного обеспечения для строительных организаций

Таблица 1 – Варианты информационных систем для классификационного признака «Звено договорных отношений»

Признак	Варианты	Примеры систем
Звено договорных отношений	инвестор	Project Expert
	заказчик или застройщик	ГЕКТОР: Календарный план строительства объектов 1С:Заказчик строительства 1.0
	подрядчик	1С:Подрядчик строительства 4.0 Госстройсмета 2.0 Строитель Менеджер строительства 2.0
	проектировщик	Адепт: Проект ArchCAD ПИР Гектор:Пректировщик-строитель
	государственные органы	Отраслевая автоматизированная система информационного обеспечения Москомархитектуры
	универсальная система	Smeta.ru A0

Специфика строительного бизнеса и особенности использования информационных систем строительными организациями определяет состав показателей потребительского качества для таких систем, а также их отдельных компонентов.

Анализ научно-технической и специальной литературы, технической документации, материалов сети Интернет позволил выделить ряд основных характеристик потребительского качества для ИС строительных организаций.

Для сравнительной оценки характеристик потребительского качества ИС строительных организаций был использован методом анализа иерархий Т. Саати. Метод предполагает построение дерева целей и альтернатив, сравнение и ранжирование. Основная идея применения такого подхода к проблеме оценки потребительского качества ИС строительных организаций состоит в том, что ценность каждого из показателей потребительского качества определяются тем, в какой мере он способствует достижению целей организации.

Для выделения узлов дерева и парных сравнений привлекались эксперты – специалисты с опытом использования информационных систем в строительном бизнесе.

Построенное дерево целей представлено на рисунке 3.

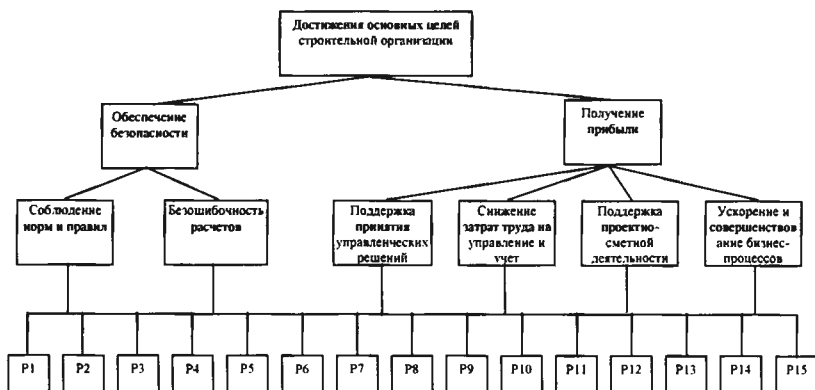


Рисунок 3 – Иерархия целей использования и характеристик потребительского качества ИС строительных организаций

На верхнем уровне установлена главная цель информационной системы – обеспечения достижения основных целей строительной организации. В свою очередь, главная цель (нулевой уровень) складывается из двух подцелей (целей первого уровня): обеспечение безопасности с точки зрения жизни, здоровья людей, а также экологической безопасности; получение прибыли.

Для достижения этих подцелей выделяются цели второго уровня соблюдение норм и правил, безошибочность расчетов и проектных решений (обеспечивают достижение цели «Безопасность»); поддержка принятия управленческих решений, обеспечение экономии за счет снижения затрат труда на управление, поддержка проектно-сметной деятельности, реинжиниринг бизнес-процессов (обеспечивают достижение цели «Получение прибыли»). Цели второго и третьего уровня связываются между собой. Все цели третьего уровня связаны со всеми характеристиками потребительского качества.

Рассмотрим расчет для цели «Получение прибыли». Сведенные в матрицу оценки:

$$A_{12} := \begin{pmatrix} 1 & 4 & 5 & 1 \\ \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{5} & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Собственные значения: } \text{eigenvals}(A_{12}) = \begin{pmatrix} 4.254 \\ -0.127 + 1.032i \\ -0.127 - 1.032i \\ 0 \end{pmatrix}$$

Используем собственное значение $\lambda_{\max} = 4.254$

Собственный вектор: $SW_{12} := \text{eigenvec}(A_{12}, 4.254)$

$$SW_{12} = \begin{pmatrix} 0.792 \\ 0.146 \\ 0.296 \\ 0.514 \end{pmatrix}$$

Нормированный собственный вектор:

$$i := 0..3 \quad w_{12}_i := \frac{SW_{12}_i}{\sum SW_{12}} \quad w_{12} = \begin{pmatrix} 0.453 \\ 0.083 \\ 0.169 \\ 0.294 \end{pmatrix}$$

Таким образом, получен вектор весов, соответствующий достижению цели. Рассчитанные значения позволяют заключить, что эксперты считают, что с точки зрения достижения цели «Получение прибыли», наиболее важной целью использования ИС в строительном бизнесе является «Поддержка принятия решений», а затем «Возможность реорганизации бизнес-процессов».

Полученные значения индекса согласованности CI_{12} и отношения согласованности CR_{12} :

$$CI12 := \frac{4.254 - 4}{4 - 1} \quad CI12 = 0.085$$

$$CR12 := \frac{CI12}{0.9} \quad CR12 = 0.094$$

позволяют сделать заключение о согласованности матрицы парных оценок.

Аналогичные расчеты проводятся для векторов W0. Умножив веса для целей первого уровня W0 на веса целей второго уровня W11, W12 получим вектор приоритетов для целей использования ИС строительных организаций:

$$W := (0.444 \ 0.222 \ 0.151 \ 0.028 \ 0.056 \ 0.098)$$

Проведенный расчет показывает, что основными целями эксперты видят соблюдение государственных норм и правил, обеспечение корректности проектных решений, поддержка принятия управленческих решений, ускорение и совершенствование бизнес-процессов на основе автоматизации.

Рассмотрим теперь анализ следующего уровня иерархии – характеристик потребительского качества ИС строительных организаций и их компонентов. Для каждой цели второго уровня формируется матрица парных оценок, сравниваются между собой все характеристики потребительского качества, в какой степени они обеспечивают достижению данной цели. Результаты сравнения заносятся в матрицу и проводятся расчеты, аналогичные приведенным выше. После получения векторов весов W21 - W26 можно рассчитать веса характеристик потребительского качества ИС строительных организаций с точки зрения достижения ее основных целей. При этом используется полученный ранее вектор весов для целей второго уровня:

$$X_i = \sum_{j=1}^6 W_j \cdot Wj_i, \quad i = 1..15$$

Результаты расчета:

$$i := 0..14$$

$$X_i := W_0 \cdot W21_i + W_1 \cdot W22_i + W_2 \cdot W23_i + W_3 \cdot W24_i + W_4 \cdot W25_i + W_5 \cdot W26_i$$

$$X := (0.14 \ 0.118 \ 0.063 \ 0.021 \ 0.081 \ 0.048 \ 0.043 \ 0.017 \ 0.016 \ 0.114 \ 0.027 \ 0.029 \ 0.035 \ 0.129 \ 0.118)$$

Рисунок 4 иллюстрирует рассчитанные значения весов характеристик потребительского качества ИС строительных организаций и их компонентов.

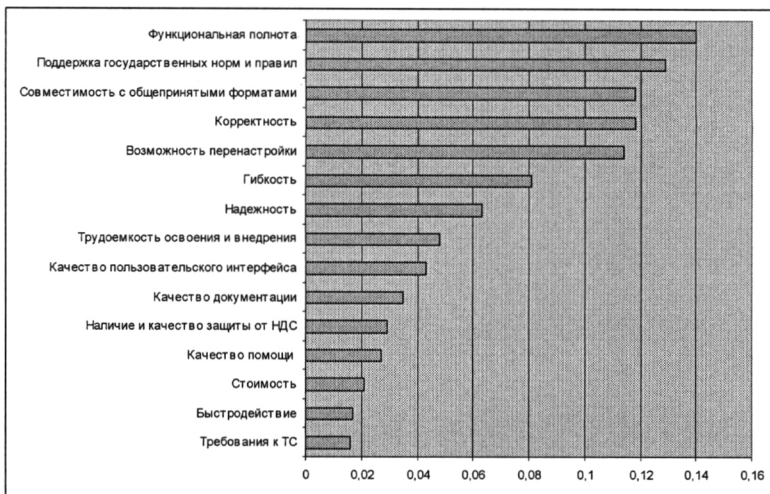


Рисунок 4 – Ранжирование характеристик потребительского качества ИС строительных организаций

Один из основных выводов по результатам анализа является значение функциональной полноты ИС строительных организаций как одной из наиболее значимых характеристик потребительского качества.

В главе 2 «Методы сравнительного анализа и выбора компонентов информационных систем строительных организаций» рассматривается применение метода анализа сложных систем по критерию функциональной полноты к компонентам ИС строительных организаций. Проводится содержательный анализ сметного программного обеспечения и формируется перечень его функций. Приводятся результаты анализа сметных программных систем по критерию функциональной полноты. Предлагается методика, объединяющая экспертные методы и метод анализа функциональной полноты, дающая возможность выбрать все компоненты для формирования ИС строительной организации.

Анализ функциональной полноты компонентов ИС строительных организаций покажем на примере важнейшего программного компонента – сметного ПО. В таблице 2 представлен фрагмент сформированного перечня функций для сравнения сметного ПО. При выделении функций использовались: научная и техническая литература, методические разработки, техническая документация, демонстрационные и инструктивные материалы по отдельным системам. Производился и непосредственный

содержательный анализ демонстрационных и рабочих версий рассматриваемых систем.

Таблица 2 – Перечень функций сметного программного обеспечения

Код	Название
<i>Формируемые документы</i>	
EF1	Локальный сметный расчет (локальная смета)
EF2	Объектный сметный расчет (объектная смета)
EF3	Сводный сметный расчет
EF4	Локальный ресурсный расчет
...	
<i>Методы расчета</i>	
EF20	Базисный метод
EF21	Базисно-индексный метод
EF22	Ресурсный метод
EF23	Ресурсно-индексный метод
<i>Работа с нормативно-сметной базой</i>	
EF26	Справочник коэффициентов
EF27	Ведение фирменной базы расценок
EF28	Работа с несколькими регионами
...	
<i>Формирование смет и других документов</i>	
EF38	Поиск в базах расценок по коду
EF39	Поиск в базах расценок по ключевым словам в наименовании
...	
<i>Учетные функции</i>	
EF60	Указание процентов выполнения работ
EF61	Учет оплаты выполненных работ
EF62	Расчет разницы стоимости материалов
EF63	Учет собственников материалов
...	
<i>Интерфейс пользователя</i>	
EF73	Создание документов в стиле WYSIWYG
EF74	Поиск в сметной документации
EF75	Копирование элементов смет через буфер обмена
...	
<i>Интеграция с другими системами</i>	
EF81	Поддержка сметного формата ABC
EF82	Поддержка сметного формата АРПС 1.10
EF83	Экспорт данных Ведомости списания материалов по форме М-29 в формате БОСБ 1.00 для бухгалтерских программ
EF84	Взаимодействие с Microsoft Project
...	
<i>Возможности настройки и расширения</i>	
EF95	Встроенный генератор печатных форм
EF96	Шаблоны смет
...	

<i>Аналитические возможности</i>	
EF106	Сравнение смет
EF107	Сравнение смет и актов выполненных работ
EF108	Формирование протоколов разногласий
EF109	Экспертиза локальных и ресурсных смет на соответствие нормативной базе
...	
<i>Технические возможности</i>	
...	
EF122	Резервное копирование
EF123	Автоматическое обновление через Интернет

Метод анализа сложных систем по критерию функциональной полноты позволяет систематизировать сведения о функциональной полноте некоторого вида сложных систем, сопоставить системы между собой, ранжировать их с точки зрения функциональной полноты, выделить группы сходных систем. Одной из основных областей приложения метода является сравнительный анализ и выбор программного обеспечения.

Множество сравниваемых программных систем обозначим $S = \{S_i\}$ ($i=1,2,\dots,n$). Множество функций, реализуемых программными системами, обозначим как $F = \{F_j\}$ ($j=1,2,\dots,m$). Исходную информацию представим в виде матрицы $\{X_{ij}\}$, элементы которой определяются следующим образом:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{ая функция реализуется } i - \text{ой ПС} \\ 0, & \text{если не реализуется} \end{cases}$$

Рассчитаются следующие значения: $P_{ik}^{(01)}$ - число функций, выполняемых ПС S_i , но не реализуемых ПС S_k ($P_{ik}^{(01)} = |S_i \setminus S_k|$ - мощность разности множеств $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$). $P_{ik}^{(10)}$ - число функций, выполняемых ПС S_i , но не реализуемых ПС S_k ($P_{ik}^{(10)} = |S_i \setminus S_k|$ - мощность разности множеств $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$). $P_{ik}^{(11)}$ - число функций, выполняемых и S_i и S_k ($P_{ik}^{(11)} = |S_i \cap S_k|$ - мощность пересечения множества $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$). $P_{ik}^{(00)} = P_{ik}^{(11)} + P_{ik}^{(10)} + P_{ik}^{(01)}$ - число функций выполняемых хотя бы одной из систем S_i или S_k ($P_{ik}^{(00)} = |S_i \cup S_k|$ - мощность объединения множеств $S_i = \{X_{ij}\}$ и $S_k = \{X_{kj}\}$).

Далее, на основе полученных четырех матриц рассчитываются значения:

$$H_{ik} = \frac{P_{ik}^{(11)}}{P_{ik}^{(11)} + P_{ik}^{(10)}} - \text{мера поглощения системой } S_k \text{ системы } S_i. \quad G_{ik} = \frac{P_{ik}^{(11)}}{P_{ik}^{(00)}} - \text{мера}$$

подобия Жаккарда. Результаты представим в виде матриц превосходства $P = \{P_{ik}^{(01)}\}$, подобия $G = \{G_{ik}\}$ и поглощения $H = \{H_{ik}\}$.

Далее матрицы переводятся в каноническую форму, используя выбранные пороговые значения ($\varepsilon_g, \varepsilon_p, \varepsilon_h$):

$$G_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } G_{ij} \geq \varepsilon_g, i \neq j \\ 0, & \text{если } G_{ij} < \varepsilon_g, i = j \end{cases} \quad P_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } P_{ij}^{01} \leq \varepsilon_p \\ 0, & \text{если } P_{ij}^{01} > \varepsilon_p \end{cases} \quad H_{ij}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } H_{ij} \geq \varepsilon_h, i \neq j \\ 0, & \text{если } H_{ij} < \varepsilon_h, i = j \end{cases}$$

На основе матриц в канонической форме могут быть построены графы поглощения, подобия, превосходства. Анализ матриц и графов дает возможность выделить системы превосходящие другие и сформировать группы сходных программных систем. Матрица P^0 может быть использована для ранжирования программных систем по критерию функциональной полноты. Для этого рассчитаем матрицу $(P^0)^2 + P^0$. Рисунок 4, построенный по этой матрице (отражены суммы по строкам) позволяет проиллюстрировать результаты ранжирования по функциональной полноте систем подготовки сметной документации. Обозначения ES1-ES12 соответствуют конкретным программам из представленных на рынке.

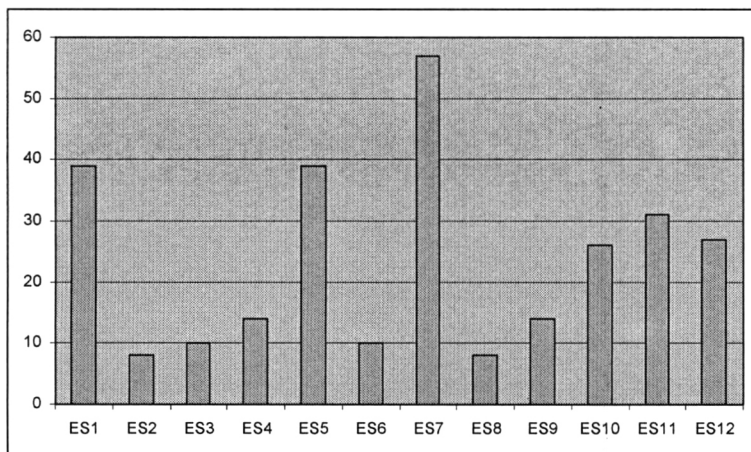


Рисунок 4 – Сравнение систем сметного программного обеспечения по критерию функциональной полноты

На рисунке 5 приведен граф подобия для сметных программных систем.

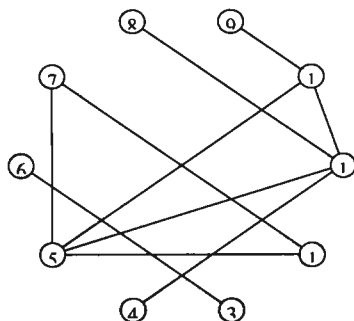


Рисунок 5 – Граф подобия систем сметного программного обеспечения (пороговое значение $\varepsilon_g=0.55$)

Анализ матриц и графов подобия позволяет выделить следующие группы систем:

ES3 – ES6;

ES1 – ES5 – ES7;

ES5 – ES11 – ES12;

ES4 – ES5 – ES8 – ES9 – ES11 – ES12.

Приведенные графы позволяют определить ИС наиболее близкие к данной, например, если пользователя интересует система ES12, то ему стоит также обратить внимание на системы ES5, ES11, ES8 и ES4. На рисунке 6 приведен граф поглощения, построенный по матрице H^0 . Анализ матриц и графов позволяет, например, сделать вывод, что системы ES2, ES3, ES6, ES8 проигрывают остальным по реализуемым функциям.

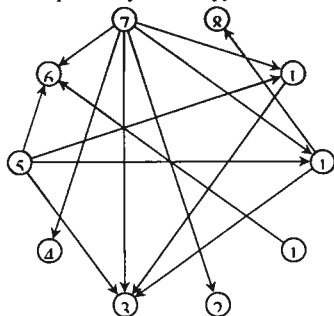


Рисунок 6 – Граф поглощения систем сметного программного обеспечения (пороговое значение $\varepsilon_h=0.85$)

Применение к компонентам ИС строительных организаций метода сравнительного анализа сложных систем по критерию функциональной полноты позволяет:

1) составить полный перечень функций, реализуемых представленными на рынке программными системами для строительных организаций;

2) систематизировать сведения о составе и функциональной полноте существующих ИС строительных организаций и их проектов;

3) количественно оценить степень соответствия той или иной системы требованиям пользователя к функциональной полноте;

4) ранжировать программные системы для строительных организаций по критерию функциональной полноты;

5) исключить из рассмотрения программные продукты, в которых не реализуются нужные пользователю функции;

6) сформировать группы программных систем, подобных по реализуемым функциям;

7) обеспечить поддержку выбора необходимого компонента ИС строительных организаций или его проектирования и разработки.

Для обеспечения выбора всех компонентов ИС строительной организации предложена методика, объединяющая использование метода функциональной полноты и экспертных методов. Методика позволяет сформировать и ранжировать варианты создания информационной системы на основе совокупности различных компонентов: сметного ПО, систем календарного планирования и т.д.

Преимущества методики заключаются в следующем:

- в сокращении затрат труда экспертов, за счет снижения числа анализируемых ими систем (отсев производится на этапе анализа по критерию функциональной полноты);

- в возможности привлекать различные группы экспертов для различных задач;

- в совмещении двух подходов, которые позволяют, во-первых, отразить требования пользователя к функциональной полноте, во-вторых, сравнивать системы и по другим критериям, которые не могут быть формализованы;

- в возможности автоматизации.

Шаги методики показаны на рисунке 7.

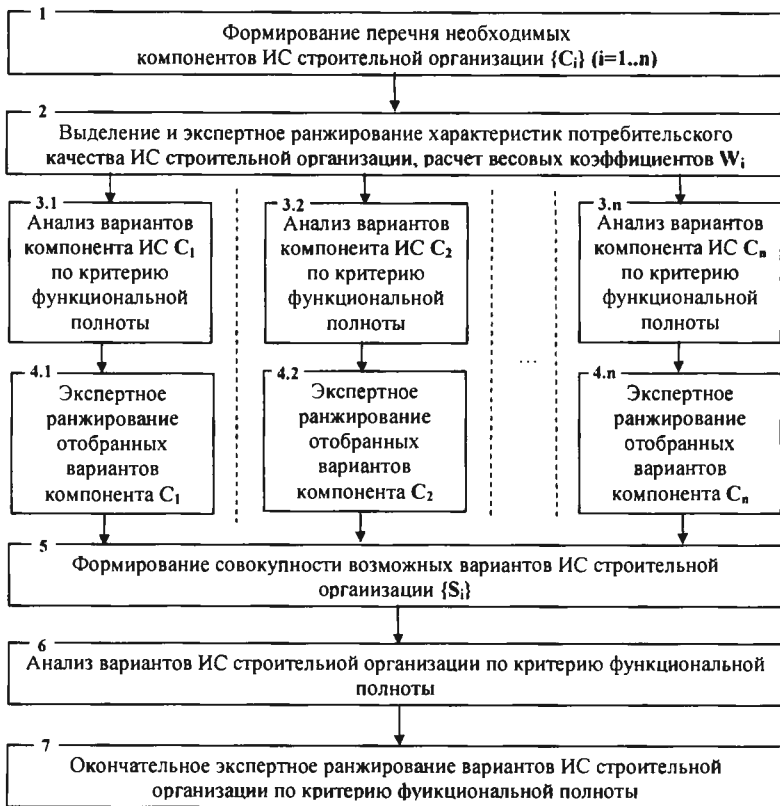


Рисунок 7 – Методика выбора компонентов ИС строительных организаций

Рассмотрим этапы методики.

На **этапе 1** необходимо сделать выбор, какие именно компоненты необходимо включить в формируемую информационную систему строительной организации, исходя из ее масштаба, направления деятельности, потребностей. Например, результатом может стать такой список компонентов: *{Сметное ПО, Система календарного планирования, Учетная система}*.

Этап 2 предполагает выделение и ранжирование показателей потребительского качества компонентов информационных систем строительных организаций. Привлекается группа экспертов, которые, таким образом, формируют совокупность требований к потребительскому качеству создаваемой системы на самом верхнем уровне. При этом необходимо

ориентировать на потребности и условия работы конкретного предприятия. При проведении экспертного исследования используется методика группового экспертного опроса на основе дельфийской процедуры. Результатом этапа является ранжированный перечень характеристик потребительского качества, а также набор их весовых коэффициентов W_i .

Этап 3 и Этап 4 выполняется параллельно для каждого из необходимых компонентов ИС строительной организации: для сметных программных систем, для систем календарного планирования, систем управления договорами и т.п.

Результатом третьего этапа является некоторый небольшой набор вариантов компонента ИС для дальнейшего выбора. Например, для сметного ПО результатом анализа может служить подмножество $\{Smeta.ru, SmetaWizrd, ТУРБОСметчик\}$.

На четвертом этапе привлекаются эксперты-специалисты, по конкретному компоненту ИС строительной организации. Они могут либо непосредственно ранжировать возможные варианты, либо оценивать значения характеристик G_{ij} потребительского качества для каждой из систем.

В последнем случае, для каждой из систем-претендентов рассчитывается показатель эффективности²:

$$SR(s) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i G_i.$$

Рассчитанные значения показателя эффективности служат для ранжирования компонентов ИС строительных организаций.

На этапе 5 необходимо сформировать единую совокупность всех возможных вариантов построения ИС. Предшествующие этапы уже позволили сократить число возможных претендентов для каждого из компонентов. В полученной совокупности могут быть включены, например, такие варианты: $\{smeta.ru + MS Project\}$ или $\{A0 + Primavera\}$. К рассматриваемым вариантам добавляются информационные системы уровня предприятия, например, «ИС:Управление строительной организацией».

На этапе 6 производится сравнительный анализ вариантов создания ИС строительной организации по критерию функциональной полноты. При этом исходная матрица X примет вид, показанный в таблице 3.

² Тищенко Е.Н. Анализ защищенности экономических информационных систем: Монография /РГЭУ «РИНХ». – Ростов н/Д., 2003. – 192 с.

Таблица 3 - Пример матрицы выбора ИС строительной организации по критерию функциональной полноты

Вариант	Состав	EF1	...	EFne	PF1	...	PFnp	AF1	...	AFna
S1	AS1 + ES2 + PS1									
S2	AS1 + ES1 + PS3									
...										
Si	CS1									
Si+1	CS2									
...										
Se (условная система)										

Обозначения: $\{AS_i\}$ – учетные системы строительных организаций; $\{AF_j\}$ – функции учетных систем строительных организаций; $\{PS_i\}$ – системы управления проектами в строительных организациях; $\{PF_j\}$ – функции системы управления проектами в строительных организациях; $\{ES_i\}$ – сметные системы; $\{EF_j\}$ – функции сметных систем; $\{CS_i\}$ – комплексные системы строительных организаций, объединяющие возможности различных компонентов.

Таким образом, столбцы таблицы включают все функции всех необходимых компонентов, а строки отражают все возможные варианты создания ИС. Матрица дополняется строкой, соответствующей условной системе, которая описывает требования пользователя к функциональной полноте. Анализ вариантов ИС строительных организаций осуществляется аналогично предшествующим этапам. Результатом будет являться некоторое подмножество вариантов ИС строительной организации.

Этап 7 предполагает окончательное ранжирование систем с использованием экспертных методов. Поскольку в результате предыдущих этапов осталось небольшое число вариантов построения ИС, можно сравнивать эти системы непосредственно.

В главе 3 «Визуальное и экономико-статистическое моделирование информационных систем строительных организаций» построена совокупность визуальных UML-моделей ИС строительных организаций, в соответствии с концепцией процессно-статистического учета затрат построена имитационная модель бизнес-процессов и получены результаты имитационного (статистического) моделирования, позволяющие оценивать необходимые затраты труда на в ИС строительных организаций.

Одной из важнейших характеристик потребительского качества информационных систем является величина трудозатрат на исполнение их функциональных операций. Поэтому дальнейшее исследование

информационных систем строительных организаций требует изучения бизнес-процессов, протекающих в этих системах, применения методов их формализованного моделирования и получения их количественных характеристик.

ПСУЗ предполагает следующие основные этапы: 1) Моделирование изучаемой системы и ее бизнес-процессов с помощью формальной нотации, например, IDEF или UML. 2) Декомпозиция бизнес-процессов на элементарные операции. 3) Экономико-статистическое исследование частоты и времени исполнения каждой из операций. 4) Расчет затрат труда на исполнение бизнес-процессов с помощью ИС за конкретный период времени.

Для моделирования ИС строительных организаций построен комплекс UML-моделей, отражающих функциональное назначение компонентов ИС, сущности предметной области, последовательность операций. Помимо задачи информационного моделирования системы, комплекс разработанных UML-диаграмм должен служить основой для выделения операций и оценки затрат труда в соответствии с концепцией ПСУЗ.

Диаграмма прецедентов языка UML позволяет рассматривать ИС строительной организации в самом общем виде с точки зрения пользователей (или «актеров») и прецедентов. Диаграмма позволяет очертить границы системы, выделить на концептуальном уровне основные протекающие бизнес-процессы. На рисунке 8 изображена диаграмма прецедентов для ИС строительных организаций.

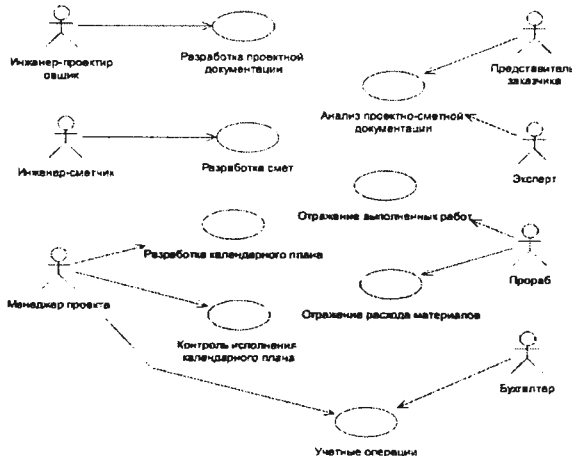


Рисунок 8 – Диаграмма прецедентов ИС строительной организации

На рисунке 9 приведена диаграмма классов для модуля сметных расчетов ИС строительной организации.

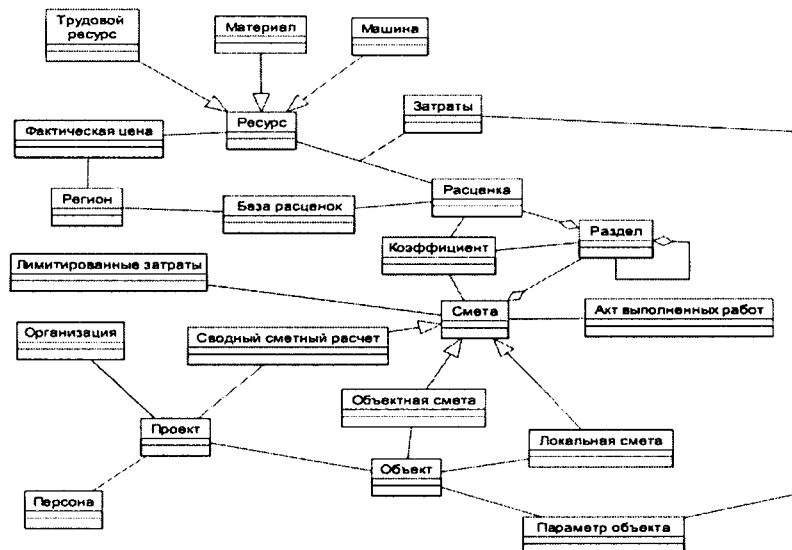


Рисунок 9 – Диаграмма классов ИС строительной организации
(пакет сметных расчетов)

С помощью диаграмм деятельности в модели отражены логические последовательности операций в рамках управления строительством.

На рисунке 10 приведена диаграмма деятельности для одного из основных процессов в ИС строительной организации – процесса построения локальной сметы.

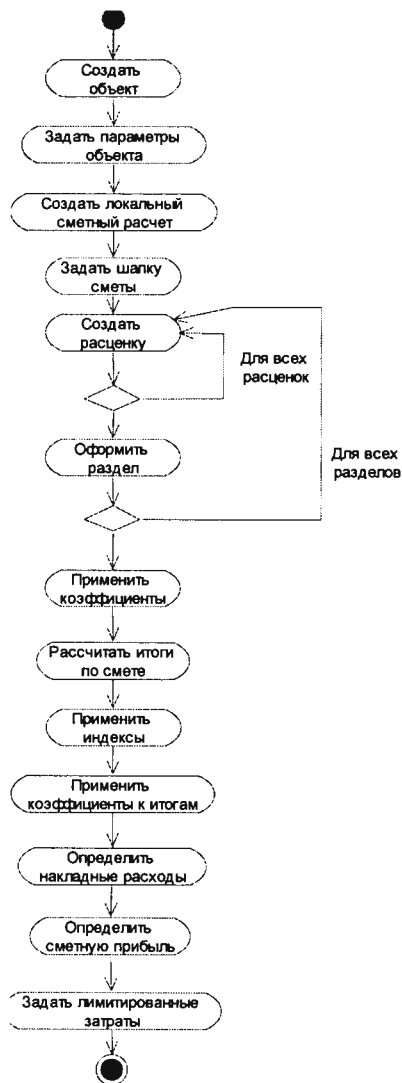


Рисунок 10 – UML-диаграмма деятельности для процесса формирования локальной сметы

Для проведения оценки затрат труда пользователей ИС строительной организации будем использовать метод имитационного моделирования. Метод соответствует общему подходу ПСУЗ, поскольку, во-первых,

предполагает случайный характер исполнения операций, во-вторых, позволяет построить модель достаточно сложной системы, в-третьих, дает возможность проводить эксперименты с моделью, оценивая те или иные решения.

В таблице 4 представлены исходные данные для статистического моделирования. Для некоторых операций использовался метод наблюдения (хронометража) на рабочем месте. В других случаях производилось обращение к опыту экспертов. В качестве экспертов выступали инженеры-сметчики, представляющие разные строительные и проектные организации и имеющие стаж работы в этой должности не менее 3 лет. Каждый эксперт должен был оценить три значения для каждой характеристики: минимальное, максимальное и наиболее вероятное. Такой подход рекомендуется использовать, когда нет возможности получить статистические данные, достаточные для определения формы закона распределения величины.

Таблица 4 – Характеристики частоты и времени выполнения функциональных операций ИС строительной организации (для процессов формирования локальной сметы)

Частота выполнения функциональной операции				Трудоёмкость (время) выполнения функциональной операции			
Пере- менная	Мини- мальное значе- ние	Макси- мальное значе- ние	Наиболее вероятное значение	Пере- менная	Мини- маль- ное значе- ние	Макси- мальное значе- ние	Наиболее вероятное значение
n_{001}	1	5	3	t_{001}	5	10	7
n_{002}	1	5	3	t_{002}	15	30	20
n_{003}	30	60	40	t_{003}	1	5	3
n_{004}	30	60	40	t_{004}	7	12	10
n_{005}	150	300	200	t_{005}	1	3	2
n_{006}	30	60	40	t_{006}	1	3	2
n_{007}	20	50	35	t_{007}	2	5	3
...							

В таблице 5 приведены результаты моделирования по операциям. В таблице M_{T_i} , σ_{T_i} , k_v - это соответственно, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации времени выполнения операции процесса.

Таблица 5 – Результаты статистического (имитационного) моделирования

Перемен- ная	M_{T_i}	σ_{T_i}	k_v	$T_{i \min}$	$T_{i \max}$
-----------------	-----------	----------------	-------	--------------	--------------

Переменная	M_{T_i}	σ_{T_i}	k_v	$T_{i \min}$	$T_{i \max}$
T_{001}	21,77	6,66	0,31	5,24	42,63
T_{002}	64,18	19,26	0,30	16,74	119,90
T_{003}	130,55	19,84	0,15	83,64	189,77
T_{004}	417,68	60,62	0,15	286,83	581,08
T_{005}	433,84	60,34	0,14	306,59	595,01
...					
Σ	36427,78	3817,34	0,10	25805,52	47301,44

На рисунке 11 представлена гистограмма распределения суммарного времени выполнения операций процесса составления локальных смет строительного проекта. На гистограмме по оси абсцисс отражается время выполнения совокупности функциональных операций, а ось ординат показывает число реализаций при имитационном моделировании, попавших в интервал.

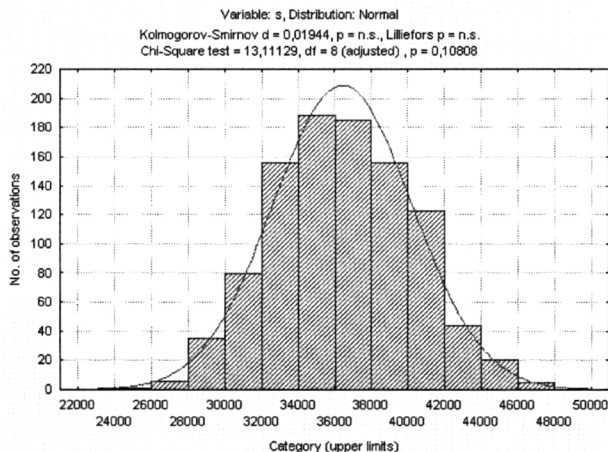


Рисунок 11 – Гистограмма распределения суммарного времени выполнения функциональных операций

Гистограмма позволяет визуально оценить форму закона распределения. Для проверки гипотезы о нормальном законе распределения суммарных трудозатрат воспользуемся стандартными в таких случаях критерием χ^2 Пирсона и критерием Колмогорова-Смирнова. Результаты оценки не дают оснований отвергнуть гипотезу о нормальном законе распределения суммарной величины трудозатрат на выбранном уровне значимости (0.1). Этот вывод позволяет воспользоваться формулой Лапласа для предсказания вероятности составления всех необходимых локальных

смет за заданное время. Во-первых, знание закона распределения времени выполнения работы позволяет оценить вероятность выполнения конкретной работы за любое выбранное или заданное время. Во-вторых, можно оценить время, за которое с заданной вероятностью планируемая работа будет выполнена

В заключении сформулированы выводы, основные положения и рекомендации по результатам диссертационного исследования.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ РАБОТЫ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1 Кудинов Д.В. Характеристики потребительского качества компонентов информационных систем строительных организаций. / Д. В. Кудинов // Научный журнал «Микроэкономика». – 2011. – №4. – С. 49 - 54. – 0,31 п.л.

2 Кудинов Д.В. Анализ и выбор компонентов информационных систем строительных организаций на основе экспертных методов. / Д. В. Кудинов // Научно-информационный журнал «Вопросы экономики и права» С. 220 – 225. - 0,34 п.л.

3 Кудинов Д.В. Моделирование трудозатрат пользователей экономических информационных систем строительных организаций / Д. В. Кудинов // Управление экономическими системами: электронный журнал. – 2011. - (36) № 12. - № гос.рег.статьи: 0421100034. (дата публикации 06.12.11). - 0,36 п.л. – Электронный ресурс: <http://www.uecs.ru> (режим доступа - открытый).

Статьи в журналах, сборниках научных трудов и сборниках материалов докладов конференций

4 Кудинов Д.В. Обзор стандартов и спецификаций в области информационной безопасности. / Д. В. Кудинов // Проблемы информационной безопасности: материалы IV всерос. науч.-практич. Интернет-конф. 9 - 15 июня 2009 г. - Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2009. С. 18 – 26. – 0,23 п.л.

5 Кудинов Д.В. Характеристика и сравнительный анализ стандартов информационной безопасности. / Д. В. Кудинов // Экономические информационные системы и их безопасность: разработка, применение и сопровождение: материалы регион. науч.-практич. конференция профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, аспирантов и

студентов 1-5 октября 2009 г. / п.Архыз. – Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2010. С. 21- 25. – 0,25 п.л.

6 Кудинов Д.В. Проблемы и решения по защите персональных данных в информационных системах. / Д. В. Кудинов // Информационные системы, экономика, управление трудом и производством: ученые записки. Выпуск 13 / Рост. гос. экон. ун-т (РИНХ). Ростов н/Д 2010. - С 130-134.- 0,24 п.л.

7 Кудинов Д.В. Особенности и структура информационных систем строительных организаций. / Д. В. Кудинов // Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты: материалы межвузовской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2009. – 0,31 п.л.

8 Кудинов Д.В. Проблемы сертификации средств защиты персональных данных / Д. В. Кудинов // Проблемы создания и использования информационных систем и технологий: материалы III Межрегион. науч.-практ. конференция профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, аспирантов и студентов 11 декабря 2009 г / Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2010. – С. 48-54.- 0,31 п.л.

Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Формат 60x84/16. Объем 1.3 уч.-изд.-л.

Заказ № 2649. Тираж 120 экз.

Отпечатано в КМЦ «КОПИЦЕНТР»

344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Суворова, 19, тел. 247-34-88

102